مقاله پژوهشی

تأثیر تنش شوری بر ویژگی‌های فیزیولوژیکی و رویشی دو گونه صنوبر و هیبریدهای آن‌ها

فرزاد پارسادوست[۱]، محسن دهقانی*[۲]، مسعود تدین‌نژاد[۳]، محسن کلاگری[٤]

[۱] بخش تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی اصفهان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اصفهان

[۲و۳] بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی اصفهان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اصفهان

[٤] بخش جنگل و مرتع، مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰٤/۰۷، تاریخ پذیرش نهایی: ۱۳۹۹/۰۹/۱۱)

چکیده

صنوبر از گونه‌های بومی ایران است که در مناطق مختلف آب و هوایی گسترش دارند. در این پژوهش، ارزیابی میزان مقاومت به تنش شوری و رشد چهار کلن صنوبر (*Populus euphratica*, *Populus alba 44.9*, *Populus alba 58.57* و هیبرید *P. euphratica* × *P. alba 44.9*) در قالب طرح بلوک‌های کاملاً تصادفی با سه تکرار و به‌مدت سه سال در ایستگاه تحقیقات شوری رودشت اجرا گردید. بدین منظور از درختان پده، کبوده و هیبرید پده در کبوده قلمه گرفته و کاشته شد. ویژگی‌های فیزیولوژیک برگ شامل پرولین، قند، کلروفیل a و b، کارتنوئید، پروتئین کل، مقدار پراکسیداز و درصد رطوبت نسبی اندازه‌گیری شد. نتایج ویژگی‌های فیزیولوژیکی برگ نشان داد که کلن‌های صنوبر از نظر صفات پرولین، پراکسیداز، پروتئین کل و درصد رطوبت نسبی دارای اختلاف معنی‌داری بودند در حالیکه صفات کارتنوئید، کلروفیل a و b، کلروفیل کل و نسبت کلروفیل a/b اختلاف معنی‌داری را از نظر آماری نشان ندادند. با این وجود بیشترین مقدار کلروفیل a، b و کلروفیل کل در برگ مربوط به کلن هیبرید و به‌ترتیب برابر ۰/۷٦، ۰/۳٦ و ۱/۱۲ میلی‌گرم در گرم ماده خشک به‌دست آمد. ویژگی‌های رویشی نهال‌ها نیز اندازه‌گیری گردید و نتایج تجزیه واریانس ویژگی‌های رویشی کلن‌های صنوبر نشان داد که صفات درصد زنده‌مانی، قطر و ارتفاع دارای اختلاف معنی‌دار در سطح پنج درصد بودند. مقایسه میانگین‌ها نشان داد که گونه پده با ۹۳ درصد و کلن هیبرید با ۸۵ درصد بیشترین زنده‌مانی را در مقایسه با کلن‌های کبوده داشته‌اند. همچنین گونهپده با رشد قطری ۳/۸ سانتی‌متر و ارتفاع ۱٦۰ سانتی‌متر بیشترین مقدار رشد رویشی را داشته است. در مجموع با توجه به ویژگی‌های رویشی و فیزیولوژیکی نهال‌ها، گونه پده و کلن هیبرید را می‌توان در شرایط تنش شوری توصیه کرد.

واژه‌های کلیدی: شرایط شور، کلن‌های صنوبر، کیفیت آب آبیاری، مقاومت به شوری

مقدمه

افزایش تقاضا برای چوب و فرآورده‌های چوبی و نیز کاهش سطح جنگل‌ها باعث توجه روزافزون به زراعت چوب در کشور شده است. صنوبرها به‌دلیل سازگاری وسیع اکولوژیکی

*نویسنده مسؤل، نشانی پست الکترونیکی: mdehqani@gmail.com

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-06-21]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1400.10.41.12.2]

از مناسب‌ترین گونه‌های گیاهی برای این منظور می‌باشند و در بین صنوبرها، پده مقاوم‌ترین گونه به شوری است (Koyro *et al*., 2012).

درخت پده در مناطق وسیعی از ایران به‌طور گسترده وجود دارد و بومی مناطق خشک و نیمه‌خشک ایران است. از ویژگی‌های مهم این‌گونه دامنه بردباری بالای آن نسبت به دما و شوری خاک است. آستانه بردباری به شوری گونه‌های صنوبر متفاوت است. از طرف دیگر هیبریدهای پده و کبوده نیز نسبت به گونه‌های دیگر صنوبر آستانه بردباری به شوری متفاوتی دارند. گونه صنوبر پده به‌دلیل برد وسیع اکولوژیکی در کشور و نیز بردباری زیاد در برابر خشکی و شوری خاک، توجه اغلب محققین دنیا را به خود جلب نموده است (دانشور و مدیر رحمتی، ۱۳۸۸). گونه صنوبر کبوده (*Populus alba*) نیز به‌عنوان یک‌گونه با رشد زیاد، سازگار به شرایط خشک و نیمه‌خشک و کیفیت خوب چوب و فرم تنه شناخته شده است. به‌منظور اصلاح ساختار گونه پده دورگ‌گیری بین‌گونه‌ای از دو گونه صنوبر پده و کبوده انجام شد. هدف این دورگ‌گیری، تولید هیبریدهای مناسب به لحاظ قابلیت افزایش تولید کمی و کیفی و نیز بردباری به شرایط گرم و خشک و خاک‌های شور و قلیا بود (Dickmann and Kuzovkina, 2014).

پده به‌طور طبیعی به‌عنوان درختی دو پایه در بخش وسیعی از مناطق خشک ایران گسترش دارد. از ویژگی‌های مهم این‌گونه، بردباری آن نسبت به دامنه زیاد دما و شوری خاک است (Azizi *et al*., 2013). آستانه بردباری به شوری خاک برای پده ۵ دسی‌زیمنس بر متر گزارش‌شده است (Lilles *et al*., 2012). در مطالعه‌ای که به‌منظور بررسی اثر کلرور سدیم بر رشد و میزان عناصر غذایی سه گونه صنوبر سیمونی، اورامریکن و پده مورد بررسی قرار گرفت، نتایج نشان داد که پده نسبت به دو گونه دیگر در شرایط شور، رشد و زنده‌مانی بیشتری داشته است (Paz *et al*., 2012). در پژوهشی مقاومت به تنش شوری ۱۱ گونه درختی و درختچه‌ای بررسی شد و نتایج نشان داد که از نظر مقاومت به شوری گونه پده بعد از گونه تاغ و گز در ردیف سوم قرار گرفت (Allbed and Kumar, 2013). همچنین مقاومت به شوری و شرایط غرقابی دو کلن صنوبر از گونه پده و دو کلن از گونه دلتوئیدس و دورگ پده و دلتوئیدس در پژوهش دیگری مورد بررسی قرار گرفت. در این پژوهش بیشترین بردباری به شوری به‌ترتیب در پده، دورگ پده و دلتوئیدس و کمترین بردباری به شوری در گونه دلتوئیدس به‌دست آمد. نتایج نشان داد شرایط غرقابی همراه با شوری آب آبیاری اثر سوء شوری را بیشتر کرده است (Jeppesen *et al*., 2015). نتایج یک پژوهش نشان داد که قلمه‌های هیبرید صنوبر به طول ۳۰ سانتی‌متر و در محیط کاشت با شوری ۲ دسی‌زیمنس بر متر بعد از دو ماه جوانه زدند. علائم نکروز در ۷۵ درصد قلمه‌ها مشاهده گردید ولی این تنش تأثیری بر روی پتانسیل نگهداری آب گیاه نداشت (Howat, 2000). برخی پژوهشگران دامنه بردباری به شوری گونه *Populus alba* را ۳ تا ٦ دسی‌زیمنس بر متر بیان کردند و اظهار داشتند که در انواع صنوبر از شوری ۳۵۰ میلی‌گرم در لیتر نمک کلرور سدیم به بالا سوختگی حاشیه برگ و ریزش برگ مشاهده گردید (Pessarakli *et al*., 2015). در آزمایشی دیگر پژوهشگران با کاشت قلمه‌های ۱۲ کلن صنوبر لرزان *Populus tremula* در دو نوع خاک و با شوری ۷ و ۱۱ دسی‌زیمنس بر متر دریافتند که رابطه معنی‌داری بین کلن و شوری خاک وجود دارد. در این آزمایش تجمع یون سدیم در ریشه‌ها بیشتر از برگ و کمتر از ساقه گزارش شد. همچنین نسبت ریشه به ساقه تحت تأثیر نوع خاک متفاوت بود (Vaario *et al*., 2011).

نتایج یک تحقیق در آلبرتای کانادا نشان داد که گونه‌های *Populus balsamifera* و *Populus tremuloides* به‌ترتیب شوری خاک ۳۱ و ۸ دسی‌زیمنس بر متر و pH تا حدود ۸ را تحمل می‌کنند. این محققین همچنین گزارش کردند که در رابطه با مقاومت صنوبرها به شوری، علاوه بر کلرور سدیم، نمک‌های کربنات و سولفات در رتبه‌های بعدی از نظر اهمیت قرار دارند (Howat *et al*., 2000). یکی از روش‌های مقابله با تنش شوری افزایش اسیدهای آمینه پرولین، بیوتین و گلیسین است و صنوبرها با تجمع این اسیدآمینه‌ها در بافت‌های گیاهی

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-06-21]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1400.10.41.12.2]

خود با شوری مقابله می‌کنند (Yan *et al*., 2013). پژوهشگران بر این باورند که گونه *Populus euphratica* مکانیسم‌های چندگانه‌ای در قبال افزایش تنش شوری از خود بروز می‌دهد (Ottow *et al*., 2005). افزایش پرولین برگ تحت تنش شوری در صنوبرهای P. *euramricana* و *P. robusta* نیز گزارش شده است (Gleeson, 2004). در کشور تونس تأثیر تنش شوری در سه کلن از گونه *Populus alba* مورد بررسی قرار گرفت و نتایج نشان داد که فاکتورهای مورفولوژیکی هر کلن در این زمینه مؤثر است. همچنین در این تحقیق مشخص شد که تراکم پایین روزنه‌های برگ سبب کاهش مقاومت به شوری در گیاه می‌شود (Abassia *et al*., 2012). محققین نشان دادند که یکی از مسائل محیطی در مدیریت اکوسیستم‌های جنگلی، عامل شوری است و دراین بین صنوبرها به جهت مقاومت به شوری و تولید چوب، در دوره‌های بهره‌برداری کوتاه‌مدت مدنظر می‌باشند (Ehlting *et al*., 2007). این محققین تأثیر کاربرد ۷۵ میلی‌مول کلرور سدیم را در فرآیندهای متابولیسمی گونه *Populus tremula* x *alba*, syn. *Populus canescens* مورد بررسی قرار دادند و به این نتیجه رسیدند که تجمع نمک و اسیدهای آمینه در ریشه نسبت به ساقه در طی این تنش شوری بیشتر بود. محققین به‌منظور معرفی ارقام مقاوم به شوری گونه *Populus alba* در کشور ایتالیا، دو ژنوتیپ یکی مقاوم و دیگری حساس به شوری را از شمال و جنوب این کشور جمع‌آوری کرده و تحت تنش شوری با ۲۰۰ میلی‌مول کلرور سدیم قرار دادند. نتایج نشان داد که در ژنوتیپ مقاوم به شوری، فرآیند کاتابولیسم و رشد سلولی بیشتر از ژنوتیپ حساس به شوری بود و در هر دو ژنوتیپ فتوسنتز به‌طور قابل‌ملاحظه‌ای کاهش یافت ولی تعداد سلول‌های مرده در ژنوتیپ حساس به شوری بیشتر بود (Isacco *et al*., 2011). محققین با بررسی فرآیندهای متابولیکی و فیزیولوژیکی تنش شوری در گونه مقاوم به شوری *Populus euphratica* به این نتیجه رسیدند که این‌گونه تا غلظت ٤٥٠ میلی‌مول سدیم را تحمل می‌کند. همچنین روند تجمع نمک و تنظیم فشار اسمزی در برگ‌ها و ریشه در اثر تنش در این‌گونه به‌علت نحوه سنتز پروتئین و اسیدهای آمینه متفاوت بود (Brinker *et al*., 2010). قلمه‌های درخت *Populus euphratica* در سه سطح تنش شوری کم، متوسط و زیاد مورد بررسی قرار گرفت و نتایج نشان داد که در شوری زیاد، مقدار زی‌توده قلمه‌ها به ۲۰ درصد میزان شاهد کاهش یافت. آب قابل استفاده و نرخ فتوسنتز خالص نیز در این شرایط کمترین میزان بود. همچنین رشد مطلوب قلمه‌ها در شوری متوسط و آب قابل استفاده ۱۲ درصد حاصل شد (Sun *et al*., 2012).

هدف این پژوهش تعیین میزان سازگاری و رشد دو گونه صنوبر و هیبرید حاصل از آن‌ها جهت کشت در اراضی شور با تعیین میزان مقاومت به تنش شوری با اندازه‌گیری پرولین، کلروفیل، پروتئین کل و هیدروکربورها بود.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در ایستگاه تحقیقات شوری و اصلاح خاک رودشت اصفهان به طول جغرافیایی ۵۲ درجه و ۱۱ دقیقه شرقی و عرض ۳۲ درجه و ۲۹ دقیقه شمالی با ارتفاع ۱۵۱۰ متر از سطح دریا انجام گردید. متوسط بارندگی سالیانه در این ایستگاه ١٠٤ میلی‌متر و اقلیم منطقه بیابانی است. این بررسی بر روی دو گونه صنوبر کبوده (شامل پایه نرکلن کبوده ٤٤/٩ و پایه ماده کبوده کلن ۵۸/۵۷)، پده و کلن دورگ پده بر روی کبوده (*P. alba* × *P. euphratica*) انجام گردید. به‌منظور تولید نهال در اسفندماه از کلن‌های مذکور قلمه تهیه شد و در خزانه‌ای که برای این منظور در ایستگاه تحقیقاتی شهید فزوه اصفهان آماده شده بود کشت گردید. از هر کلن تعداد ۱۰۰ قلمه به ارتفاع حدود ۲۵-۲۰ سانتی‌متر و قطر ۱/۵-۱ سانتی‌متر تهیه شد و در زمین مورد پژوهش به وسعت ۱۰۰۰ مترمربع به‌صورت ردیفی (۳۰ سانتی‌متر داخل ردیف و ۲ متر بین ردیف) کشت شد. پس از یک سال تعداد ۲۷ اصله نهال یک‌ساله (۹ اصله برای هر تکرار) از کلن‌های مذکور که به لحاظ ابعاد یکنواخت بودند، انتخاب و جهت کاشت به ایستگاه رودشت منتقل و در فاصله ۳×۳ متر کشت شدند. نهال‌ها در قالب طرح بلوک‌های کاملاً تصادفی با چهار تیمار کلن در سه

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-06-21]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1400.10.41.12.2]

تکرار کشت گردیدند. کلیه عملیات نگهداری شامل آبیاری و مبارزه با علف‌های هرز به‌طور منظم انجام شد. در سه سال اجرای پژوهش کیفیت آب آبیاری حدود ۷ دسی‌زیمنس بر متر تنظیم شد.

اندازه‌گیری ویژگی‌های رویشی شامل درصد زنده‌مانی، قطر در ارتفاع ۳۰ سانتی‌متری و طول نهال‌ها در انتهای فصل رویش هر سال اندازه‌گیری گردید. جهت اندازه‌گیری ضخامت، سطح و ماده خشک برگ در اواسط دوره رویشی که برگ‌ها حالت کامل پیدا کرده‌اند تعداد ۳۰ برگ (۱۰ برگ از هر تکرار) از یک جهت و در ارتفاع میانی درخت نمونه‌برداری شد. ضخامت کلیه برگ‌ها در حاشیه و وسط پهنک با استفاده از میکرومتر اندازه‌گیری گردید. سطح برگ با استفاده از شبکه نقطه‌چین اندازه‌گیری شد. سطح ویژه برگ، از نسبت بین مجموع سطح برگ به وزن خشک برگ محاسبه گردید. جهت تعیین ماده خشک برگ ابتدا نمونه‌های تر توزین شده سپس در داخل آون در دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ٤۸ ساعت نگهداری شد.

اندازه‌گیری صفات فیزیولوژیک برگ در اواسط فصل رویش در نیمه اول تیرماه انجام گردید. جهت نمونه‌برداری از هر تکرار حدود ۵ گرم برگ تازه جمع‌آوری گردید. اندازه‌گیری‌های فیزیولوژیکی شامل پرولین، کلروفیل، کارتنوئیدها، قند و پروتئین محلول مطابق روش استاندارد انجام گردید. درصد آب نسبی با استفاده از رابطه ۱ محاسبه گردید.

$$RWC = (Wf-Wd) / (Wt-Wd)\times 100 \quad (۱)$$

در این رابطه، Wf، Wd و Wt به‌ترتیب وزن تر، خشک و آماس یافته برگ‌ها می‌باشد.

برای سنجش فعالیت آنزیم پراکسیداز برگ از غلظت‌های مختلف گایاکول استفاده شد (Van Doorn and Ketsa, 2014). میزان جذب نوری آنزیم پراکسیداز در طول‌موج ٤۸۵ نانومتر با دستگاه اسپکتروفتومتر اندازه‌گیری شد. کلیه آزمایش‌های فیزیولوژیک برگ در آزمایشگاه مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور انجام گردید.

داده‌های حاصل از اندازه‌گیری کلیه صفات با استفاده از آنالیز واریانس طرح بلوک‌های کامل تصادفی با نرم‌افزار SAS 9.9 تجزیه و تحلیل گردید. آزمون مقایسه میانگین‌ها براساس داده‌های فیزیولوژیکی و رویشی جهت گروه‌بندی پرووِنانس‌های پده به‌روش آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵٪ انجام گردید.

نتایج اندازه‌گیری ویژگی‌های فیزیکی خاک و تجزیه آب مورد استفاده جهت آبیاری در جداول ۱، ۲ و ۳ آمده است. در سه سال اجرای پژوهش در ایستگاه تحقیقات شوری و اصلاح اراضی رودشت سعی گردید از آب با هدایت الکتریکی حدود ۷ دسی‌زیمنس بر متر به‌منظور آبیاری استفاده گردد.

نتایج و بحث

گونه‌های جنس صنوبر با داشتن انتشار وسیع در مناطق مختلف اقلیمی از نظر اقتصادی و اکولوژیکی اهمیت بسزایی دارند. در بین گونه‌های جنس صنوبر و کلن‌های مختلف آن از نظر مقاومت به شوری تفاوت‌هایی وجود دارد که برای بررسی هر چه بهتر تأثیر شوری، ویژگی‌های رویشی و فیزیولوژیکی گونه‌های مذکور مورد بررسی قرار گرفت.

الف- ویژگی‌های رویشی: ویژگی‌های رویشی کلن‌های صنوبر در عرصه کاشت ویژگی‌های رویشی با اندازه‌گیری ۷ مشخصه رشد شامل قطر نهال در ارتفاع ۳۰ سانتی‌متری از زمین، ارتفاع نهال، درصد زنده‌مانی، میانگین سطح برگ، سطح ویژه برگ، ضخامت برگ و ماده خشک برگ مورد بررسی قرار گرفت. نتایج حاصل از محاسبه میانگین و تجزیه واریانس صفات مذکور مربوط به کلن‌های مختلف در جدول ٤ ارائه شده است.

درصد زنده‌مانی: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که درصد زنده‌مانی کلن‌های مختلف از نظر آماری دارای اختلاف معنی‌دار در سطح ۵٪ است (جدول ۵). آزمون مقایسه میانگین-ها نشان داد که کلن هیبرید و گونه پده به‌ترتیب با ۱۰۰ و ۹۳ درصد بیشترین و کلن کبوده ۵۸/۵۷ با ٤۱ درصد کمترین مقدار زنده‌مانی را داشتند.

همچنین نتایج اندازه‌گیری‌های درصد زنده‌مانی برای کلن‌ها نشان داد که کلن‌های هیبرید و گونه پده تغییر محسوسی

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-06-21]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1400.10.41.12.2]

جدول ۱- ویژگی‌های فیزیکی خاک در محل آزمایش

عمق (سانتی‌متر)	رطوبت نقطه پژمردگی دائم (درصد وزنی)	رطوبت ظرفیت زراعی (درصد وزنی)	جرم مخصوص ظاهری (gcm^{-3})	رس (درصد)	سیلت (درصد)	شن (درصد)	بافت
۰-۳۰	۱٤	۳۰	۱/٤۸	۳۹	٤٥	۱٦	CL
۳۰-٦۰	۱۳	۲۷	۱/٤٦	۳۷	٤۳	۲۰	CL
٦۰-۹۰	۱۳	۲٦	۱/٤۷	۳۷	٤٤	۱۹	CL

جدول ۲- نتایج میانگین تجزیه خاک در ۳ سال اجرای طرح در عمق ٤٥-۰ سانتی‌متری

EC (dSm^{-1})	pH	O.C (%)	P	K	Mn	Cu	Zn	Fe
			$mgkg^{-1}$					
۸/۸	۷/٦	۱/۳۸	۱٦/۱	۳٦۹	۱۲/٦۲	۱/۲۸	۱/۲۸	۱۳/٦۲

جدول ۳- نتایج میانگین تجزیه آب مورداستفاده جهت آبیاری در اجرای آزمایش

منبع آب	EC (dSm^{-1})	pH	HCO_3^-	Cl^-	SO_4^{2-}	مجموع آنیون‌ها	$Ca^{2+}+Mg^{2+}$	Na^{1+}	مجموع کاتیون‌ها
			$meq.L^{-1}$						
سال اول	٦/۹	۷/٤	٦/٥	٤۷	۱٦/٥	۷۰/۱	۳۸	۳۳/۱	۷۱/۱
سال دوم	۷/٥	۷/۲	٦/۲	٥۲	۱۸/۲	۷٦/٤	۳٤	٤۳/٤	۷۷/٤
سال سوم	۷/۱	۷/٤	۷/۲	٤۹	۱٥/۲	۷۱/٤	۳۸	۳٤/٤	۷۲/٤

جدول ٤- تجزیه واریانس ویژگی‌های رویشی کلن‌های صنوبر

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات						
		قطر نهال	ارتفاع نهال	درصد زنده‌مانی	میانگین سطح برگ	ضخامت برگ	سطح ویژه برگ	ماده خشک برگ
کلن	۳	۰/۲۹**	۰/۳۲**	۲۰۸٦**	٤۰۹/۲**	۰/۰۰۰٤*	۸۷/٥*	۱۷/۱*
بلوک	۲	۰/۰۱ns	۰/۰۸ns	۲۱٥/۹ns	۳/۲ns	۰/۰۰۰۱ns	۷۸/۲ns	۳/۷ns
خطا	٦	۰/۰۱٦	۰/۰۲۳	۱۱۹/۹	۱۰/۳	۰/۰۰۰۰٦	٦٦/۸	۳/٤

* معنی‌دار در سطح ٥٪، ** معنی‌دار در سطح ۱٪، ns عدم معنی‌داری

نسبت به سال اول بعد از کاشت نداشته است ولی کلن‌های کبوده به‌ویژه کلن ٤٤/۹ تا ۲٦ درصد کاهش زنده‌مانی داشت. نتایج نشان داد که درصد زنده‌مانی و بردباری به شوری در میان گونه‌های صنوبر متفاوت بوده و بررسی‌ها نیز نشان می‌دهد که از میان گونه‌های جنس صنوبر، گونه پده بیشترین بردباری به شوری را نسبت به گونه‌های *P. deltoides* و *P. nigra* و *P. simonii* داشته است. این موضوع با نتایج دیگر محققان تطابق دارد (Chen *et al*., 2001). گونه‌های صنوبر از نظر مقاومت به شوری در حد متوسط می‌باشند. گونه‌های صنوبر نسبت به میزان هدایت الکتریکی از ۱ دسی‌زیمنس بر متر برای کلن‌های *P. euramericana* تا ٦ دسی‌زیمنس بر متر برای گونه پده بدون اینکه کاهش رشد و عوارض جانبی

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-06-21]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1400.10.41.12.2]

جدول ۵- مقایسه میانگین ویژگی‌های رویشی کلن‌های مورد بررسی صنوبر

کلن صنوبر	قطرنهال (cm)	ارتفاع نهال (m)	درصد زنده‌مانی (%)	میانگین سطح برگ (cm^2)	ضخامت برگ (mm)	سطح ویژه برگ ($gr.cm^{-2}$)	ماده خشک برگ (%)
P. a. 58/57	۰/۹۵ b	۱/۷۲ a	٤۱ b	٦/۲ c	۰/۲٤۳ a	۷۲/٤ b	۳۵/ ۷ a
P. a. 44/9	۰/۸٤ bc	۱/۱ b	۷۷/۷ a	۱۲/۱ bc	۰/۲۳۷ ab	۸۸/٦ a	۳٦/٦ a
P. euphratica	۰/٦۷ c	۱/۱ b	۹۳ a	۱۷/۳ b	۰/۲۲۳ bc	۸۳/۳ ab	۳۳/۸ ab
Hybrid	۱/٤ a	۱/٦۲ a	۱۰۰ a	۳۳/٤ a	۰/۲۲ c	۸۹/۹ a	۳۱/۲ b

حروف متفاوت بیانگر وجود تفاوت معنی‌دار در سطح ۵٪ احتمال است.

متوجه آن‌ها باشد، گزارش شده است (Daneshvar *et al.*, 2006).

رشد قطری نهال: تجزیه واریانس (جدول ۵). رشد قطری ٤ کلن صنوبر نشان داد که اختلاف معنی‌داری میان کلن‌ها وجود داشت. آزمون مقایسه میانگین‌ها نشان داد که کلن هیبرید با ۱/٤ سانتی‌متر بیشترین میانگین رشد قطری را داشته است. همچنین اندازه‌گیری قطر در سال سوم بعد از کاشت نیز نشان داد که کلن هیبرید بیشترین رشد قطری را نسبت به سایر کلن‌ها داشته است به‌طوری‌که اندازه قطر کلن هیبرید ۳/۳٦ سانتی‌متر در سال سوم رشد بود. بعد از کلن هیبرید، گونه پده در گروه دوم قرار گرفت. دو کلن کبوده ٤٤/۹ و ۵۸/۵۷ از رشد قطری کمتری برخوردار بودند. کلن کبوده ۵۸/۵۷ در سال سوم رشد قادر به ادامه رشد نبوده و حذف گردید.

رشد ارتفاعی نهال: تجزیه واریانس رشد ارتفاعی کلن‌های مورد بررسی صنوبر اختلاف معنی‌داری را از نظر آماری نشان داد. اندازه‌گیری ارتفاع نشان داد که کلن هیبرید با ٤/٤ متر در سال سوم بعد از کاشت دارای بیشترین مقدار بود (جدول ۵).

گونه پده بعد از کلن هیبرید از رشد ارتفاعی بالایی در مقایسه با دو کلن کبوده در سال سوم بعد از کاشت برخوردار بود. دو کلن کبوده ٤٤/۹ و ۵۸/۵۷ رشد ارتفاعی کمتری را در شرایط این ایستگاه داشتند. همچنین کلن کبوده ۵۸/۵۷ در پایان سال سوم رشد قادر به ادامه رشد نبود و حذف گردید. کلن کبوده ٤٤/۹ نیز با رشد ارتفاعی ۱/۱ متر کمترین رشد ارتفاعی را داشت. قطر یقه و ارتفاع نهال به‌عنوان شاخص‌های اصلی رشد از اهمیت خاصی جهت مقایسه کلن‌های مختلف صنوبر برخوردار است. رشد ارتفاعی نهال با رشد قطری رابطه همبستگی مثبت دارد.

با توجه به اینکه شوری سبب کاهش رشد و گسترش برگ، ساقه و ریشه می‌شود و باعث کاهش توانایی گیاه در جذب آب و مواد غذایی و در ادامه کندی رشد از طریق اثر اسمزی می‌شود، فتوسنتز به‌طور قابل‌ملاحظه‌ای کاهش یافته ولی تعداد سلول‌های مرده در ژنوتیپ حساس به شوری بیشتر می‌شود. نکته قابل‌ذکر در ایستگاه رودشت اصفهان این است که کاهش رشد قطر نهال و ارتفاع در سال سوم بعد از کاشت در گونه پده و کلن هیبرید به‌دلیل سرمای دیررس بهاره در سال دوم بوده است. سرمای دیررس بهاره سبب خشکیدگی اندام هوایی نهال‌ها شده ولی با آبیاری مجدد نهال‌ها تولید جست نموده و به رشد خود ادامه دادند. بررسی Chen و همکاران (۲۰۰۱) بر روی زیست‌توده (ریشه، ساقه و برگ) گونه پده تحت تنش شوری، بردباری این‌گونه را به شرایط خاک شور تأیید می‌کند. این نتایج با نتیجه Chu و همکاران (۲۰۰۵) مطابقت دارد. این محققین نیز اثر تنش شوری بر هیبرید *Populus euramericana* را مورد بررسی قرار دادند و به این نتیجه رسیدند که کاربرد ۵۰ میلی‌مول کلرور سدیم سبب کاهش ٤٦ درصدی ارتفاع نهال و در شوری ۱۳۵ میلی‌مول، سبب کاهش ۷۰ درصدی قطر نهال‌ها گردید.

سطح برگ: محاسبه میانگین سطح برگ دارای تغییراتی میان کلن‌های مختلف بود. نتایج تجزیه واریانس مقدار سطح

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-06-21]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1400.10.41.12.2]

برگ اختلاف معنی‌داری را در سطح ۵٪ میان کلن‌های مورد بررسی نشان داد (جدول ۵).

مقایسه میانگین سطح برگ نشان داد که کلن هیبرید دارای بیشترین مقدار سطح برگ با ۳۳/٤ سانتی‌متر مربع بود و بعد از آن نیز گونه پده با میانگین ۱۷/۳ سانتی‌متر مربع در گروه دوم قرار داشت. کلن‌های کبوده ٤٤/۹ و ۵۸/۵۷ به‌دلیل تنش شوری دارای کمترین مقدار سطح برگ بودند به‌طوری‌که برای کلن ۵۸/۵۷ میانگین سطح برگ ٦/۲ سانتی‌متر مربع و برای کلن ۹/ ٤٤ میانگین سطح برگ ۱۲/۱ سانتی‌متر مربع به‌دست آمد.

میانگین سطح برگ در دو کلن کبوده ۵۸/۵۷ و ٤٤/۹ کاهش چشمگیری در شرایط شور داشت. در این شرایط سطح برگ در نهال‌های جوان پده و هیبرید چهار ماه بعد از کاشت (در تیرماه) هیچ‌گونه تغییر در اندازه برگ و عوارض جانبی مانند کلروز یا نکروز در لبه برگ آن‌ها مشاهده نگردید. درحالی‌که برگ‌های دو کلن کبوده به لحاظ اندازه سطح برگ کوچک و حاشیه برگ‌ها نیز کاملاً نکروزه شده بودند. این حالت در بررسی Chen و همکاران (۲۰۰۱) در ارتباط با تأثیر کلرور سدیم روی رشد و تعرق دو گونه پده و گونه *P. tomemtosa* نیز گزارش شد که در آن برگ‌های گونه *P. tomemtosa* بعد از سه ماه تنش شوری دچار علائم سوختگی و نکروزه‌شدن در حاشیه برگ‌ها شده بودند. یکی از علت‌های این موضوع را می‌توان چنین بیان کرد که شوری میزان انرژی لازم برای حفظ شرایط طبیعی سلول و گیاه را افزایش داده و در نتیجه انرژی کمتری برای نیازهای رشد، باقی گذاشته و سبب کاهش رشد و گسترش برگ و ریشه می‌شود، در ژنوتیپ مقاوم به شوری فرآیند کاتابولیسم و رشد سلولی بیشتر از ژنوتیپ حساس به شوری بوده و در هر دو ژنوتیپ فتوسنتز به‌طور قابل‌ملاحظه‌ای کاهش می‌یابد.

سطح ویژه برگ: سطح ویژه برگ با سطح برگ ارتباط داشته و همانند صفت سطح برگ، تحت تأثیر تنش شوری دستخوش تغییرات می‌شود. نتایج تجزیه واریانس مقدار سطح ویژه برگ اختلاف معنی‌داری را در سطح ۵٪ میان کلن‌های مورد بررسی صنوبر نشان داد (جدول ۵). مقایسه میانگین سطح ویژه برگ نشان داد که کلن‌های هیبرید و کبوده ٤٤/۹ دارای بیشترین مقدار سطح ویژه برگ بودند. Rowland و همکاران (۲۰۰۱) نشان دادند که تنش شوری بر روی جمعیت‌های مختلف از *Populous deltoids* موجب تنوع در خصوصیات مورفولوژی و فیزیولوژی برگ در بین جمعیت درختان شده و سطح ویژه برگ تحت تأثیر تنش شوری افزایش یافته است تا گیاه بهتر بتواند فشار اسمزی حاصل از تنش شوری را تحمل نماید.

ضخامت برگ: نتایج تجزیه واریانس صفت ضخامت برگ در کلن‌های مورد بررسی تفاوت معنی‌داری را در سطح ۵٪ نشان داد (جدول ۵). بیشترین مقدار ضخامت برگ مربوط به دو کلن کبوده ۵۸/۵۷ و ٤٤/۹ بود. ضخامت برگ در این دو کلن به ترتیب برابر با ۰/۲٤۳ و ۰/۲۳۷ میلی‌متر به‌دست آمد. یکی از دلایل اینکه ضخامت برگ تحت تأثیر شوری قرار می‌گیرد این است که نمک محلول در خاک در دو مرحله مانع رشد گیاه می‌شود. اول اثر اسمزی است که سبب کاهش توانایی گیاه برای جذب آب و کندی رشد می‌شود. در مرحله دوم به آوندها و سلول‌های برگ آسیب وارد شده و کاهش رشد شدت می‌یابد (اثر یونی). در مرحله اثر یونی برگ گیاه حساس به شوری از بین رفته و ظرفیت فتوسنتز در آن کاهش می‌یابد که باعث کاهش رشد برگ، ضخامت برگ و ساقه می‌شود. همچنین با افزایش شوری تعداد برگ‌ها کاهش یافته ولیکن بر بیوماس ریشه‌ها افزوده می‌شود(Rajput *et al.*, 2016).

ب- ویژگی‌های فیزیولوژیکی: به‌منظور اندازه‌گیری ویژگی‌های فیزیولوژیک چندین صفت از برگ ٤ کلن صنوبر مورد اندازه‌گیری قرار گرفت. نتایج مقایسه میانگین و تجزیه آماری ویژگی‌های فیزیولوژیکی مربوط به کلن‌های مختلف به شرح زیر است.

کلروفیل a: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که میزان کلروفیل a در برگ کلن‌های مورد بررسی صنوبر اختلاف معنی‌داری را از نظر آماری نشان نداد (جدول ٦) ولی اندازه‌گیری‌ها نشان داد بیشترین مقدار کلروفیل a در برگ

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-06-21]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1400.10.41.12.2]

جدول ٦- نتایج تجزیه واریانس ویژگی‌های فیزیولوژیکی کلن‌های صنوبر

منبع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات									
		پرولین	کلروفیل a	کلروفیل b	کلروفیل کل	کلروفیل a/b	کاروتنوئید	قند	پروتئین کل	پراکسیداز	RWC
کلن	۳	۰/۰٤*	۰/۰۱۷^{ns}	۰/۰۰٤^{ns}	۰/۰۳٤^{ns}	۰/۰۱۳^{ns}	۰/۰۰۳^{ns}	۲۸/۹^{ns}	۷۲/۷*	۳۳٤/۸*	۱۱٥/۱**
بلوک	۲	۰/۰٥^{ns}	۰/۰۳^{ns}	۰/۰۰۱^{ns}	۰/۰٤۱^{ns}	۰/۰۲۱^{ns}	۰/۰۰٥^{ns}	٤۱/۸^{ns}	۱۲/۹^{ns}	۲۱/۳^{ns}	۳/۸ ^{ns}
خطا	٦	۰/۰٤	۰/۰۰۹	۰/۰۰۸	۰/۰۱۷	۰/۰۲٦	۰/۰۰٦	۱٦/۸	۳۱/٦	٤۷/٥	۱۳/۷

* **معنی‌دار در سطح ۵٪،** ** **معنی‌دار در سطح ۱٪،** ^{ns} **عدم معنی‌داری**

مربوط به دو کلن هیبرید و پده است.

کلروفیل b: نتایج تجزیه واریانس مقدار کلروفیل b نیز مانند کلروفیل a در برگ کلن‌های مورد بررسی صنوبر اختلاف معنی‌داری را از نظر آماری نشان نداد و کلن هیبرید با ۰/۳٦ میلی‌گرم بیشترین مقدار کلروفیل b را به خود اختصاص داد (جداول ٦ و ۷).

کلروفیل a/b : نتایج تجزیه واریانس مقدار کلروفیل a/b نیز در برگ کلن‌های مورد بررسی صنوبر اختلاف معنی‌داری را از نظر آماری نشان نداد و کلن *P. euphratic* با ۲/٦٥ میلی‌گرم بیشترین مقدار کلروفیل a/b را به خود اختصاص داد (جداول ٦ و ۷).

کلروفیل کل : نتایج تجزیه واریانس مقدار کلروفیل کل که به مجموع کلروفیل a و کلروفیل b گفته می‌شود و به‌صورت a+b نشان داده می‌شود نیز در برگ کلن‌های مورد بررسی صنوبر اختلاف معنی‌داری را از نظر آماری نشان نداد و کلن هیبرید با ۰/۱۱۲ میلی‌گرم بیشترین مقدار کلروفیل a+b را به خود اختصاص داد (جداول ٦ و ۷).

البته نتایج بعضی پژوهشگران حاکی از کاهش میزان عدد کلروفیل‌متر، رنگیزه‌های کلروفیل و کارتنوئید تحت تیمار تنش است. آنها گزارش کردند که کاهش عدد کلروفیل‌متر و کاهش سبزینگی گیاه ممکن است به‌علت تخریب کلروفیل در اثر تنش باشد که منجر به کاهش میزان کلروفیل وکاهش فتوسنتز خالص می‌شود. (آقاجانی دلاور، ۱۳۹٥؛ کاظمی، ۱۳۹٥). یکی از مهم‌ترین دلایل کاهش کلروفیل، تخریب آنها توسط گونه‌های فعال اکسیژن است. بر این اساس، کاهش فعالیت فتوسیتم II، کاهش فعالیت آنزیم روبیسکو و مهار سنتز ATP، موجب تشکیل گونه‌های اکسیژن آزاد در کلروپلاست‌ها می‌گردند (Lawlor and Cornic, 2002). با این وجود، پژوهشگران اظهار داشتند که محتوای نسبی کلروفیل به تنهایی نمی‌تواند برآورد درستی از عملکرد گیاه را نشان دهد، بلکه توان فتوسنتزی برگ پرچم قبل از گرده‌افشانی، همچنین توان ذخیره‌سازی مواد پرورده و قابلیت انتقال مجدد آنها به مخازن فیزیولوژیک نیز حائز اهمیت است (نیکنژاد و امام، ۱۳۹۰). به‌طورکلی می‌توان عنوان نمود که حفظ غلظت کلروفیل در شرایط دشوار محیطی، به ثبات فتوسنتز در این شرایط کمک کرده و سبب کاهش خسارت‌های وارده به گیاه در تنش‌های محیطی می‌گردد.

کاروتنوئید: بعضی پژوهشگران معتقدند که کارتنوئیدها نقش مهمی در دفاع آنتی‌اکسیدانی ایفا می‌کنند، به‌گونه‌ای که گیاهان دارای محتوی کارتنوئید بالاتر، دفاع مؤثرتری در برابر تنش اکسیداتیو ناشی از تنش آب، خواهند داشت (نعمت الهی و همکاران، ۱۳۹۲). مقدار رنگ‌دانه‌های گیاهی از جمله کاروتنوئیدها نیز در کلن‌های مورد بررسی صنوبر تفاوت معنی‌داری را از نظر آماری نشان نداد. البته با وجود عدم معنی‌داری، گونه پده با ۰/۳۸ میلی‌گرم بیشترین مقدار را داشت.

از آنجا که میزان کلروفیل در گیاهان زنده یکی از فاکتورهای مهم حفظ ظرفیت فتوسنتزی است، بعضی محققین از جمله Taibi و همکاران (۲۰۱٦) معتقدند که در شرایط شوری میزان کلروفیل برگ در اثر فعال‌ترشدن آنزیم کلروفیلاز و پراکسیداز کاهش می‌یابد، ولی در بررسی حاضر تنش شوری

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-06-21]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1400.10.41.12.2]

جدول ۷- مقایسه میانگین ویژگی‌های فیزیولوژیک برگ کلن‌های مورد بررسی صنوبر

کلن صنوبر	پرولین mg/g	کلروفیل a	کلروفیل b	کلروفیل کل	کلروفیل a/b	کاروتنوئید	قند	پروتئین کل µg/g	پراکسیداز Abs/min	RWC %
		mg/g								
P. a. 58/57	۰/۱۸ b	۰/۶۱ a	۰/۲۷ a	۰/۸۸ a	۲/۲۶ a	۰/۳۰ a	۴۲/۵ a	۱۸/۵ b	۲۳ a	۷۶/۸ b
P. a. 44/9	۰/۲۰ b	۰/۶۷ a	۰/۳۲ a	۰/۹۹ a	۲/۰۹ a	۰/۳۵ a	۴۱/۵ a	۲۲/۳ ab	۱۰/۱ ab	۷۶/۴ b
P. euphratica	۰/۴۱ a	۰/۷۷ a	۰/۲۹ a	۱/۰۶ a	۲/۶۵ a	۰/۳۸ a	۴۴/۶ a	۲۸/۹ a	۰/۸۸ b	۸۵/۳ a
Hybrid	۰/۱۸ b	۰/۷۶ a	۰/۳۶ a	۱/۱۲ a	۲/۱۱ a	۰/۳۵ a	۴۸/۵ a	۲۸/۱ a	۰/۴۷ b	۸۸/۸ a

حروف متفاوت بیانگر وجود تفاوت معنی‌دار در سطح ۵٪ احتمال است.

به‌طور معنی‌داری سبب تغییرات در مقدار کلروفیل a و b و کاروتنوئید در میان کلن‌های صنوبر در ایستگاه مورد بررسی نگردید. با این وجود کلن کبوده ۵۸/۵۷ کمترین مقدار کلروفیل و کارتنوئید را در مقایسه با سایر کلن‌ها داشت؛ بنابراین می‌توان گفت این کلن در شرایط تنش، مقدار کلروفیل و کارتنوئید آن کمتر از دیگر کلن‌ها بود.

مقدار آب نسبی: میزان آب نسبی برگ در کلن‌های صنوبر تفاوت معنی‌داری را از نظر آماری نشان داد. به‌طوری‌که مقدار آب در سطح ۱٪ معنی‌دار بود (جدول ۵). بیشترین مقدار آب نسبی برگ مربوط به کلن‌های پده و هیبرید بود. مقدار آب نسبی به‌ترتیب ۸۵/۳ و ۸۸/۸ درصد برای این دو کلن به‌دست آمد. دو کلن کبوده ۵۸/۵۷ و ۴۴/۹ از لحاظ مقدار آب نسبی در گروه دوم قرار گرفته و مقدار آب نسبی در این دو کلن کبوده کمتر از ۸۰ درصد اندازه‌گیری شد (جدول ۷). با توجه به اینکه کلن‌های حساس در مقابل تنش شوری مقدار آب بیشتری در مقایسه با کلن‌های مقاوم از دست می‌دهند، در هنگام قرار گرفتن در معرض آب مقدار آب بیشتری جذب کرده و وزن آماس بیشتر می‌شود؛ بنابراین افزایش آب نسبی، حساسیت کلن را نسبت به تنش شوری نشان می‌دهد. نتایج این پژوهش نشان داد که از میان دو کلن کبوده، کلن ۵۸/۵۷ در برابر تنش شوری حساسیت بیشتری در مقایسه با کلن ۴۴/۹ داشته است.

با توجه به اینکه در شرایط شوری دیواره سلولی برگ تغییر کرده و کاتیون‌ها را محصور می‌کند، تنظیم و تعدیل فشار اسمزی در اثر افزایش مصرف سدیم، افزایش مطلوب اسیدهای آمینه و کاهش جذب کلسیم را به‌دنبال خواهد داشت و همچنین با توجه به اینکه کلن‌های حساس در مقابل تنش شوری مقدار آب بیشتری در مقایسه با کلن‌های مقاوم از دست می‌دهند، در هنگام قرارگرفتن در معرض آب مقدار آب بیشتری جذب کرده و وزن آماس بیشتر می‌شود؛ بنابراین افزایش آب نسبی حساسیت کلن را نسبت به تنش شوری نشان می‌دهد(Banuelos *et al.*, 2010). نتایج نشان داد که کلن‌های هیبرید و پده به‌ترتیب بیشترین مقدار آب نسبی و دو کلن کبوده کمترین مقدار آب نسبی را در شرایط این ایستگاه داشتند.

پرولین: میزان پرولین در برگ کلن‌های مورد بررسی صنوبر متفاوت بوده و تفاوت معنی‌داری را از نظر آماری در سطح ۵٪ نشان داد (جدول ۶). بیشترین مقدار پرولین موجود در برگ مربوط به گونه پده به مقدار ۰/۴۱ میلی‌گرم در گرم ماده تر برگ اندازه‌گیری شد. در این بررسی مقدار پرولین در کلن‌های پده و هیبرید که تحت تنش شوری بودند افزایش داشته است. قبلاً نیز افزایش پرولین برگ در صنوبرهای *P. euramricana* و *P. robusta* تحت تنش شوری گزارش شده است (Pan *et al.*, 2018). پرولین محلول تحت تأثیر استرس‌های محیطی مانند شوری، خشکی و حرارت پایین در بافت گیاهان تجمع می‌یابد. سطح بالای پرولین تا مدت یک ماه پس از تنش یعنی زمانی که سلول‌ها ممکن است به شرایط اسمزی رسیده باشند، باقی می‌ماند. میزان تجمع پرولین با توجه به میزان تنش و نیز نوع تنش (خشکی یا شوری) و حتی نوع نمک مورد استفاده برای شوری متفاوت است. همچنین میزان

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-06-21]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1400.10.41.12.2]

تجمع پرولین با پروتئین محلول در سیتوپلاسم در ارتباط است. غلظت‌های بالای پرولین به‌همراه پروتئین محلول در سیتوپلاسم در مقابله با تنش‌ها مفیدتر است. در بعضی هالوفیت‌ها دیده شده که بیش از ۳۰٪ از مجموع اسیدآمینه‌های آزاد موجود در گیاه پرولین است. نقش غیرمستقیم پرولین در تنظیم اسمزی به‌واسطه افزایش در آبگیری پتاسیم است؛ بنابراین به‌نظر می‌رسد یکی از روش‌های مقابله با شوری افزایش پرولین در برگ گیاهان باشد(Rajput *et al*., 2016; Fischer *et al*., 2010).

قند: نتایج تجزیه واریانس مقدار قند موجود در برگ کلن‌های مورد بررسی صنوبر تفاوت معنی‌داری را از نظر آماری نشان نداد (جدول ٦). همچنین دامنه مقدار قند بین ٤۹-٤۲ میلی‌گرم اندازه‌گیری شد. (جدول ۷). البته نتایج بعضی تحقیقات نشان داده است که مقدار قند تحت تأثیر شوری قرار گرفته است چنانچه در بررسی Brinker و همکاران (۲۰۱۰) میزان قند در برگ‌های گونه پده تحت تنش شوری با NaCl و Manitol بیشتر از مقدار قند کلن هیبرید (*P. alba* x *P. tomentosa*) تحت همان شرایط بوده است(Brinker *et al*., 2010).

پروتئین کل: مقدار پروتئین کل در کلن‌های مختلف صنوبر از نظر آماری اختلاف معنی‌داری در سطح ۵٪ نشان داد (جدول ٦). بیشترین مقدار پروتئین کل دو کلن هیبرید و پده به‌ترتیب برابر با ۲۸/۱ و ۲۸/۹ میکروگرم به‌دست آمد (جدول ۷). همچنین سیر تجمع نمک و تنظیم فشار اسمزی در اثر تنش در برگ‌ها و ریشه‌ها در این گونه‌ها به‌علت نحوه سنتز پروتئین و اسیدهای آمینه متفاوت بود. Taibi و همکاران (۲۰۱٦) نشان دادند وقتی صنوبرها در معرض شوری قرار می‌گیرند میزان پروتئین آنها در بافت‌های گیاهی تقریباً دو برابر شده و علت آن را انتشار Na^+ در شرایط شور به بافت‌های گیاهی دانسته که در این شرایط منجر به کاهش فعالیت پمپ Na^+/H^+ شده و متعاقب آن منجر به کاهش حساسیت به نمک در این گیاهان می‌شود (Taibi *et al*., 2016).

آنزیم پراکسیداز: سنجش فعالیت آنزیم پراکسیداز برگ در کلن‌های مختلف صنوبر از نظر آماری دارای تفاوت معنی‌داری در سطح ۵٪ بود (جدول ٦). بیشترین مقدار آنزیم پراکسیداز در دو کلن کبوده ۵۸/۵۷ و ٤٤/۹ اندازه‌گیری شد. مقدار فعالیت آنزیم پراکسیداز در این دو کلن کبوده به‌ترتیب ۲۳ و ۱۰/۱ جذب در دقیقه به‌دست آمد (جدول ۷). کمترین مقدار پراکسیداز نیز در دو کلن پده و هیبرید بود. مقدار فعالیت پراکسیداز در این دو کلن به‌ترتیب ۰/۸۸ و ۰/٤۷ جذب در دقیقه اندازه‌گیری شد (جدول ۷).

گزارش‌هایی وجود دارد که همبستگی مثبت بین فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت و افزایش تنش شوری را نشان می‌دهد. همچنین میزان فعالیت پراکسیداز در گیاهان حساس به شوری افزایش می‌یابد (Jha *et al*., 2014). در بررسی حاضر مقدار فعالیت پراکسیدازی دو کلن کبوده ٤٤/۹ و ۵۸/۵۷ تحت شرایط تنش شوری خاک افزایش قابل‌ملاحظه‌ای در مقایسه با دو کلن پده و هیبرید داشته است. افزایش فعالیت پراکسیداز در دو کلن کبوده حاکی از حساسیت این دو کلن تحت تنش شوری بوده است. این نتیجه با گزارش مطالعه Jha و همکاران (۲۰۱٤) که نشان دادند بین فعالیت آنزیم پراکسیداز و افزایش تنش شوری همبستگی مثبت وجود دارد، تطابق دارد (Jha *et al*., 2014).

نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش نشان داد که از میان دو کلن کبوده، کلن ۵۸/۵۷ در برابر تنش شوری حساسیت بیشتری در مقایسه با کلن ٤٤/۹ داشته است. در مجموع کلن‌های کبوده نسبت به تنش شوری حساس بوده و قابل توسعه جهت زراعت چوب در اراضی شور و یا آبیاری با آب شور نمی‌باشند. دو کلن پده و هیبرید پده در کبوده بردباری بیشتری نسبت به تنش شوری داشته و می‌توانند در عرصه‌های خاک شور زنده‌مانی و رشد مناسبی داشته باشند بدون اینکه کاهش رشد و اثرات بازدارندگی در توسعه ریشه‌دوانی در آن‌ها مشاهده گردد. همچنین شایان ذکر است که کلن هیبرید به سرمای دیررس بهاره حساس بوده و کشت آن در مناطقی که دارای سرمای زیر صفر درجه به‌ویژه در فروردین‌ماه هستند، قابل توصیه نیست.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-06-21]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1400.10.41.12.2]

منابع

آقاجانی دلاور، ع. (۱۳۹۵) بررسی نقش قارچ شبه‌میکوریز *Piriformospora indica* بر خصوصیات مورفولوژیک، فیزیولوژیک و عملکرد دو رقم برنج در شرایط کم‌آبیاری. پایان‌نامه دکتری، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران.

دانشور، ح. و مدیر رحمتی، ع. (۱۳۸۸) اثر نمک‌های کلرور سدیم و کلرور کلسیم بر صفات رویشی و تجمع عناصر در برگ چهار ژنوتیپ صنوبر. فصلنامه تحقیقات جنگل و صنوبر ایران ۱۷: ۲۰۹-۲۰۰.

کاظمی، ش. (۱۳۹۵) ارزیابی کارایی قارچ‌های *Glomus mosseae* و *Piriformospora indica* در بهبود عملکرد دانه و خصوصیات فیزیولوژیکی ذرت (سینگل کراس ۷۰٤) در سطوح متفاوت فسفر و آبیاری. پایان‌نامه دکتری زراعت. دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران.

نعمت‌الهی، ا.، جعفری، ع. و باقری، ع. (۱۳۹۲) اثر تنش خشکی و سالیسیلیک اسید روی رنگدانه‌های فتوسنتزی و جذب عناصر غذایی ارقام زراعی آفتابگردان. مجله اکوفیزیولوژی گیاهی ۵ :۵۱-۳۷.

نیکنژاد، و. و امام، ی. (۱۳۹۰) مقدمه‌ای بر فیزیولوژی عملکرد گیاهان زراعی (ترجمه). انتشارات دانشگاه شیراز، شیراز.

Abassia, M., Mguisa, K., Ben Njaa, R. and Albouchia,T. A. (2012) Micromorphological leaf adaptations developed by the white poplar (*Populus alba* L.) against salinity. Acta Botanica Gallica: Botany Letters 159: 9-15.

Allbed, A. and Kumar, L. (2013) Soil salinity mapping and monitoring in arid and semi-arid regions using remote sensing technology: A review. Advances in Remote Sensing 2013.

Azizi, G., Arsalani, M., Bräuning, A. and Moghimi, E. (2013) Precipitation variations in the central Zagros Mountains (Iran) since AD 1840 based on oak tree rings. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology 386: 96-103.

Banuelos, G. S., Le Duc, D. and Johnson, J. (2010) Evaluating the tolerance of young hybrid poplar trees to recycled waters high in salinity and boron. International Journal of Phytoremediation 12: 419-439.

Brinker, M., Brosche, M., Vinocur, B. and Abo-Ogiala, A. (2010) Linking the salt transcriptome with physiological responses of a salt-resistant populus species as a strategy to identify genes important for stress acclimation. Plant Physiology 143: 876-892.

Chen, C. T., Chen, L. M., Lin, C. C. and Kao, C. H. (2001) Regulation of proline accumulation in detached rice leaves exposed to excess copper. Plant Science 160: 283-290.

Chu, Y., Li, H., Hou,Y. and Zhang, B. (2005) Expression of multiple resistance genes enhances tolerance to environmental stress ors in transgenic poplar (*Populus* × *euramericana* 'Guariento'). Research Institute of Forestry, Chinese Academy of Forestry.

Daneshvar, H., Kiani, B. and Modir Rahmati, A. (2006) Effect of different concentrations of sodium and calcium chloride salts on growth and percentage of leaf and root elements. Research of Iran's Forest and Spruce 14: 20-28.

Dickmann, D. I. and Kuzovkina, J. (2014) Poplars and willows of the world, with emphasis on silviculturally important species. Poplars and willows: Trees for Society and the Environment 22: 421-434.

Ehlting, B., Dluzniewska, P. and Dietrich, H. (2007) Interaction of nitrogen nutrition and salinity in G-rey poplar *(Populus tremula*× *alba*). Plant, Cell and Environment 30: 796-811.

Fischer, U. and Polle, A. (2010) Populus responses to abiotic stress. In: Genetics and Genomics of Populus. Springer, New York, NY.

Gleeson, D., Lelu-Walter, M. A. and Parkinson, M. (2004) Influence of exogenous L-proline on embryogenic cultures of larch (*Larix leptoeuropaea* Dengler), sitka spruce (*Picea sitchensis* (Bong.) Carr.) and oak (*Quercus robur* L.) subjected to cold and salt stress. Annals of Forest Science 61: 125-128.

Howat, D. (2000) Acceptable Salinity, Sodicity and pH Values for Boreal Forest Reclamation. Land Management Program's website Alberta Environment, Environmental Sciences Division, Edmonton Alberta.

Isacco, B., Harfouche, A., Federico, B. and Gianluca, P. (2011) Comparative study of transcriptional and physiological responses to salinity stress in two contrasting *Populus alba* L. genotypes. Tree Physiology 31: 1335-1348.

Jeppesen, E., Brucet, S., Naselli-Flores, L., Papastergiadou, E., Stefanidis, K., Noges, T. and Bucak, T. (2015) Ecological impacts of global warming and water abstraction on lakes and reservoirs due to changes in water level and related changes in salinity. Hydrobiologia 750: 201-227.

Jha, Y. and Subramanian, R. B. (2014) PGPR regulate caspase-like activity, programmed cell death, and antioxidant enzyme activity in paddy under salinity. Physiology and Molecular Biology of Plants 20: 201-207.

Koyro, H. W., Ahmad, P. and Geissler, N. (2012) Abiotic Stress Responses in Plants: An overview. In Environmental, Adaptations and Stress Tolerance of Plants in the Era of Climate Change. Springer, New York, NY.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-06-21]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1400.10.41.12.2]

Lilles, E. B., Purdy, B. G., Macdonald, S. E. and Chang, S. X. (2012) Growth of aspen and white spruce on naturally saline sites in northern Alberta: Implications for development of boreal forest vegetation on reclaimed saline soils. Canadian Journal of Soil Science 92: 213-227.

Lawlor, D. W. and Cornic, G. (2002) Photosynthetic carbon assimilation and associated metabolism in relation to water deficits in higher plants affected by N fertilization. Agronomy Journal 73: 583-587.

Ottow, A., Klein, T. and Kettner, C. (2005) Populus euphratica displays apoplastic sodium accumulation, osmotic adjustment by decreases in calcium and soluble carbohydrates, and develops leaf succulence under salt stress. Plant Physiology 139: 1762-1772.

Pan, X., Qin, Y. and Yuan, Z. (2018) Potential of a halophyte-associated endophytic fungus for sustaining Chinese white poplar growth under salinity. Symbiosis 76: 109-116.

Paz, R. C., Rocco, R. A., Reinoso, H., Menendez, A. B., Pieckenstain, F. L. and Ruiz, O. A. (2012) Comparative study of alkaline, saline, and mixed saline–alkaline stresses with regard to their effects on growth, nutrient accumulation, and root morphology of *Lotus tenuis*. Journal of Plant Growth Regulation 31: 448-459.

Pessarakli, M., Sheibanirad, A. and Haghighi, M. (2015) Plant responses under environmental stress conditions. Advances in Plants and Agriculture Research 2: 212-224.

Rajput, V. D., Minkina, T., Yaning, C., Sushkova, S., Chapligin, V. A. and Mandzhieva, S. (2016) A review on salinity adaptation mechanism and characteristics of *Populus euphratica*, a boon for arid ecosystems. Acta Ecologica Sinica 36: 497-503.

Rowland, D. L., Beals, L., Chaudhry, A. A., Evans, A. S. and Grodeska, L. S. (2001) Physiological, morphological, and environmental variation among geographically isolated cottonwood (*Populus deltoides*) populations in New Mexico. Western North American Naturalist 452-462.

Sun, D. Y., Peng, G. and Ye, B. S. (2012) Growth and leaf gas exchange in *Populus euphratica* across soil water and salinity gradients. National Natural Science Foundation (Grant No. 40830640), the Western Light Foundation of the Chinese Academy of Sciences (XBBS200807), and the Key State Program of China (973 Program No. 2013CB429905).

Taibi, K., Taibi, F., Abderrahim, L. A., Ennajah, A., Belkhodja, M. and Mulet, J. M. (2016) Effect of salt stress on growth, chlorophyll content, lipid peroxidation and antioxidant defence systems in *Phaseolus vulgaris* L. South African Journal of Botany 105: 306-312.

Vaario, L. M., Yrjala, K., Rousi, M., Sipila, T. and Pulkkinen, P. (2011) Leaf number indicates salt tolerance of young seedling families of European Aspen (*Populus tremula* L.) growing in different soils. Silva Fennica 45: 19-33.

Van Doorn, W. G. and Ketsa, S. (2014) Cross reactivity between ascorbate peroxidase and phenol (guaiacol) peroxidase. Postharvest Biology and Technology 95: 64-69.

Yan, K., Shao, H., Shao, C., Chen, P., Zhao, S., Brestic, M. and Chen, X. (2013) Physiological adaptive mechanisms of plants grown in saline soil and implications for sustainable saline agriculture in coastal zone. Acta Physiologiae Plantarum 35: 2867-2878.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-06-21]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1400.10.41.12.2]

Effect of salinity stress on the physiological and vegetative characteristics of two species of *P.alba* and the hybrids between them

[1] Parsadoust F, [2*] Dehqani M. and [3] Tadayonnejad M. and [4] Calagari M.

[1] Research Division of Soil Conservation and Watershed Management, Isfahan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Isfahan, Iran
[2,3] Soil and Water Research Department, Isfahan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Isfahan, Iran
[4] Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Tehran, I. R. of Iran
(Received: 27/06/2020, Accepted: 01/12/2020)

Abstract

One of the most important problems in arid and semi-arid regions is the salinity of water and soil. poplars, which are native to Iran, are found in many climates. In crossbreeding programs, the transfer of salinity traits and resistance to salinity stress from *P.euphratica*, and at the same time, the transfer of good quality trait form of the trunk and high growth of spruce, are specialically important. For this purpose this study was conducted to evaluate the rate of resistance to salinity stress and growth of four poplar colonies (*Populus alba 58.57, Populus alba 44.9, Populus euphratica, P. euphratica x P. alba 44/9*) in the form of complete randomized block design with three replications and was performed for 3 years in Rudasht salinity research station. To achieve this purpose, *P.euphratica*, *P.alba* and Hybrid of *P.euphratica* trees were cut down and planted. The physiological characteristics of the leaf, including proline, sugar, chlorophyll a and b, carotenoid, total protein, peroxidase value and relative moisture content were measured according to standard methods. The results of the physiological characteristics of the leaf showed that poplar colonies had significant differences in terms of proline, total protein and relative humidity percentage whereas carotenoids, chlorophyll a and b, total chlorophyll and chlorophyll a / b ratio did not show a statistically significant difference. However, the highest amount of chlorophyll a, b and total chlorophyll was obtained in the leaf of hybrid clone. However, the highest amount of chlorophyll a, b and total chlorophyll in the leaf was related to hybrid clone and was equal to 0.76, 0.36 and 1.12 mgg^{-1} dry matter, respectively. Growth characteristics of seedlings including living percentage, diameter, height, leaf area, leaf thickness, leaf area and leaf dry matter percentage were also measured. The results of analysis of variance of vegetative characteristics of poplar colonies showed that the coefficients of percentage of survival, diameter and height are statistically significant at the level of 5%. The average comparison test showed that *P.euphratica* with 93% and Colon Hybrid with 85% had the highest survival rate compared to the bruised colonies. In addition, *P.euphratica* species with a diameter growth of 3.8 cm and a height of 160 cm had the highest amount of vegetative growth. In general, according to the vegetative and physiological characteristics of seedlings, Pede species and hybrid clone can be recommended under salinity stress.

Keywords: Salinity condition, Hybrid clone, Irrigation water quality, Salinity resistance.

Corresponding author, Email: mdehqani@gmail.com

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-06-21]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1400.10.41.12.2]